

**Üvegház hatású gázok (CO₂, N₂O, CH₄) talajfluxusainak
meghatározása magyarországi mezőgazdasági és erdősült
területeknél**

**Ph.D. tézisek
Grosz Balázs Péter**

2010. május 6.



**Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar
Kémiai Doktori Iskola
Analitikai, kolloid- és környezetkémiai, elektrokémiai program**

Doktori Iskola vezető: Dr. Inzelt György, egyetemi tanár

Programvezető: Dr. Záray Gyula, egyetemi tanár

*Témavezető: Dr. Horváth László, vezető főtanácsos, MTA doktora, Országos
Meteorológiai Szolgálat*

Dr. habil. Torkos Kornél, egyetemi docens, ELTE TTK, Kémiai Intézet

Bevezetés:

Európában a levegőkörnyezet-védelmi kutatások súlypontja egyre inkább a globális szennyezők területére helyeződik át. Ennek fő oka elsősorban a lokális - regionális - kontinentális skálán ható rövid élettartamú szennyező anyagok kibocsátásának utóbbi két évtizedben tapasztalt csökkenése. Az emberi tevékenységből (ipar, energiatermelés, közlekedés, stb.) származó rövid légköri tartózkodási idejű szennyezőanyag-kibocsátás csökkenése, illetve csökkentése előtérbe helyezte a globális skálán ható szennyezők, mint például az üvegház hatású gázok vizsgálatát. Az üvegház hatású gázok egy része szintén antropogén forrásokból származik, de nem elhanyagolható a nem egyértelműen antropogén forrásokból származó üvegház gázok mennyisége sem. Az ipari, erőművi, közlekedési üvegház gáz kibocsátás mértékét viszonylag könnyen meg lehet becsülni, a mezőgazdasági területek (kültúrnövények, legeltetett, kaszált területek, erdőszült területek) üvegház gáz kibocsátásának mértéke még bizonytalan. Több EU-V és EU-VI kutatási keretprogramhoz kapcsolódó projekt fő profilját e problémakör képezte és képezi. A mezőgazdasági területek esetében három fontos üvegház gáz kibocsátásával kell számolni. A talajok denitrifikációs folyamatának terméke a dinitrogén-oxid (N_2O), amely kevésbé reakcióképes, hosszú tartózkodási idejű gáz, és a talajból szabadul fel. A dinitrogén-oxid (N_2O) kibocsátása elsősorban a talaj szervesanyag- és nitrogéntartalmától függ és szoros összefüggésben van a légköri nitrogén terheléssel, illetve a műtrágyázás mértékével. A metán (CH_4) a talajban anaerob bomlási folyamat során keletkezik, elsősorban mocsaras, vagy vízzel telített területeken, így valószínűleg Magyarországon a talaj metánkibocsátása nem jelentős. Nem elhanyagolható azonban az állattartás (kérődző állatok) következtében felszabaduló metán mennyisége. A vízzel nem telített talajok viszont metán nyelők. A metán oxidációja általában jól szellőzött talajok ásványi rétegében zajlik kemolitotrof mikroorganizmusok által. A talaj szerves anyagának bomlásakor szén-dioxid (CO_2) szabadul fel, azonban a kultúrnövények, a kaszálók, legelők gyepének szén-dioxid felvétele ezt ellensúlyozza, nem is beszélve az erdők szén-dioxid felvételéről. Előzetes becslések szerint, magyarországi mezőgazdasági viszonylatban a légköri dinitrogén-oxid és a metán, CO_2 egyenértékben együttesen közel olyan mértékű hatással rendelkezik, mint a szén-dioxid. Bár kibocsátásuk mértéke és légköri koncentrációik a szén-dioxidénál jóval kisebb (CO_2 : 370 ppm, CH_4 : 1.9 ppm, N_2O : 320 ppb), hatásuk mégis összemérhető a szén-dioxidéval, mivel üvegház hatásuk nagyságrenddel, illetve nagyságrendekkel nagyobb a CO_2 molekuláénál (száz éves időskálán CH_4 : 25-ször, N_2O 298-szor). Ugyanakkor azt is kimutatták, hogy a légköri dinitrogén-oxid és metán fő

forrása a mezőgazdaság. A szén-dioxid légkör - bioszféra közti kibocsátására vonatkozólag intenzív kutatások folynak Európában és Magyarországon is. Ugyanakkor a másik két üvegház gáz emissziójáról viszonylag kevés információnk van. Munkánk célja ezért a két kevésbé vizsgált üvegház gáz, a dinitrogén-oxid és a metán mezőgazdasági kibocsátásának becslése volt mérések és modellezés alapján. Egy korábbi felmérés szerint 1980 és 1996 között az EU 15-ök területén a dinitrogén-oxid, illetve a metán legjelentősebb forrása a mezőgazdaság volt (Emissions of atmospheric pollutants in Europe, 1980-1996, EEA Report 9, 2000), amíg ezen területek szén-dioxid emissziója, a többi forráshoz viszonyítva jelentéktelen. Látható, hogy a mezőgazdasági üvegház gázok emissziójának ismerete nélkülözhetetlen. A Kiotói Egyezmény után világossá vált, hogy a környezetvédelmi alap és alkalmazott kutatásoknak kiemelt figyelmet kell fordítani a problémák megoldására. Az üvegház hatású gázok kibocsátása, illetve ennek országokra lebontott mértéke már napjainkban is túlmutat a kutatási területeken, politikai kérdéssé vált. Rendkívül fontos, hogy a kibocsátás pontos mértékét meghatározzuk, különösen Magyarországon, ahol méréseken és modellezésen alapuló részletes vizsgálatok most először történtek. Munkánk modellezési részében, a már kidolgozott, és az EU tagok számára közzétett modellt használjuk, becslést adva a légköri üvegház gázok mezőgazdasági kibocsátására, figyelembe véve a magyarországi adottságokat. Ehhez szükség volt az eddigi kutatási eredmények összegzésére, az üvegház hatású gázok kicserélődésére irányuló hazai és nemzetközi kutatások eredményeinek áttanulmányozására. Ugyanakkor folyamatosan mérjük a két üvegház hatású gáz talaj kibocsátását, illetve becslést adunk az állattenyésztés során légkörbe került metán mennyiségére vonatkozólag.

Alkalmazott módszerek:

1. Statikus kamrás technikával vett talajgáz minták koncentráció változását határoztam meg. Kétféle kamratípust használtam. Az általános mintavételi kamra: $V = 400 \text{ cm}^3$, $A = 80 \text{ cm}^2$. A bugaci állomáson (NitroEurope supersite) használt kamra méretei: $V = 12,5 \text{ dm}^3$, $A = 2500 \text{ cm}^2$. A mintákat 10 ml-es evakuált, szeptummal lezárt üveg mintatartóba vettük gázbiztos fecskendővel. Mintavételi időpontok: $t=0$, $t=10$, $t=20$, illetve $t=0$, $t=15$, $t=30$ perc. Minden esetben előzetes vizsgálat alapján döntöttünk a minták között eltelt idő hosszáról.
2. A talajból vett gázminták koncentrációjának meghatározásához HP 5890 Serial II gázkromatográfot használtam. A detektor az N_2O meghatározásához HP 5972 MSD volt. A metán és dinitrogén-oxid minták egyidejű méréséhez egy azonos típusú HP

5890 Serial II gázkromatográfot használtam, azonban ebben az esetben FID és ECD detektorokat használtam.

3. Az országos becsléshez számítógépes szimulációt végeztem. Ehhez szükséges volt egy ökológiai modell, amely előre definiált egyenletek, fizikai, kémiai és biológiai törvények alapján végez számításokat és ad becslést az üvegház hatású gázok talajfluxusára. Az alkalmazott modell a DNDC volt, amely a talaj szén és nitrogén biogeokémiájáról folyamatorientált becslést készít. A modell két fő komponensből áll. Az első komponens tartalmazza a talajklíma, növényi növekedés, és bomlási almodelleket, amelyek leírják az ökológiai hajtóerőket, úgymint: talaj hőmérséklet, nedvesség, pH, redox-potenciál és a tápanyagok koncentráció profilja, de figyelembe veszi a növényzetet és az emberi beavatkozást is. A második komponens tartalmazza a nitrifikációs, denitrifikációs és fermentációs almodelleket, amelyek leírják az NO , N_2O , N_2 , NH_3 , CO_2 , CH_4 fluxusokat a talaj környezeti faktora alapján.

Tézisek

1. Mintavételi módszert dolgoztam ki a talajfluxus meghatározására. A talaj feletti mintavétel a földbe előre telepített kamra-peremekre helyezett kamrákból történt. Minimum 3 minta szükséges a talajfluxus meghatározásához. 10-10 ml mintát veszünk gázbiztos fecskendővel a $t=0$, $t=10$, $t=20$, illetve $t=0$, $t=15$, $t=30$ perc elteltével. A mintavétel pontos időtartama a talaj szerkezetének függvénye. A kamrás módszer segítségével az eltérő mintavételi időpontok során, a kamrában lévő gáz koncentráció különbségéből meghatároztam a talajfluxust. Teszteredmények bizonyítják a mintavételi módszer alkalmazhatóságát.
2. Módszert dolgoztam ki a dinitrogén-oxid koncentrációjának meghatározására. A mintavételi eljárás során gondosan evakuált mintatartókat használtam a légköri háttérkoncentráció zavaró hatásának kiküszöbölésére. A minták kezeléséhez gázbiztos fecskendőt használtam. Minden mintavételi ponthoz meghatároztam az ideális mintavételi időt, amely a talajok szerkezetének a függvénye és előfeltétele a talajfluxusok pontos meghatározásának. A méréseket egy HP 5890 Series II – HP 5972 MSD műszerrel végeztem. A méréshez HP-Plot Q (30m x 0,53mm x 40 μm) oszlopot használtam. A módszer alkalmazható a $\text{C} \geq 320$ ppb mérési tartományban.
3. Módszert dolgoztam ki a metán és dinitrogén-oxid egyidejű mérésére. A mintavételi eljárás során gondosan evakuált mintatartókat használtam a légköri háttérkoncentráció

zavaró hatásának kiküszöbölésére. A minták kezeléséhez gázbiztos fecskendőt használtam. Az egyes mintavételi pontokra jellemző ideális mintavételi idő meghatározását a metánra is elvégeztem. A mintákat a metán bomlása miatt fénytől elzárva, hűtőben tároltam és a mintavételtől számított 48 órán belül elvégeztem a mérést. A mérésekhez egy FID és ECD detektorral szerelt HP 5890 Series II gázkromatográfot használtam. A méréseket egy headspace segítségével automatizáltam. Az alkalmazott oszlop: Carbonplot kapilláris oszlop (30m x 0,25 mm 0,25 μ m). A módszer alkalmazható a $C \geq 320$ ppb mérési tartományban N_2O esetén, illetve a $C \geq 2$ ppm mérési tartományban CH_4 esetén.

4. Több állomáson Bugac (homoki száraz legelő), Isaszeg-Nagytarcsa (homokos lősz talaj), Gödöllő (isaszegi állomásról átültetett löszös talajmonolitok), Szurdokpüspöki (agyagos rét, barna erdőtalaj), Tetves-rét, Nyírjes (Mátra-hegység), Bodroghöz (vegyes) több évig folyamatosan alkalmaztuk a mintavételi módszert, a dinitrogén-oxid talajfluxusának meghatározására. A koncentrációt az 1-es pontban leírtaknak megfelelően mértem. A koncentráció-változások alapján számított talajfluxusok -1,5 és 6,9 kg N ha⁻¹ év⁻¹ között változtak, 0,8 kg N ha⁻¹ év⁻¹ középértékkel. A mérések szórása (SD) 1,2 kg N ha⁻¹ év⁻¹. A fluxus jelentősen függ a talajhőmérséklettől, talajnedvességtől. A talaj relatív víztartalma rendkívül fontos, mivel az N_2O gáz keletkezésért felelős denitrifikációs folyamatok csak nedves talajok esetén játszódnak le.
5. Több állomáson Bugac (homoki száraz legelő), Gödöllő (isaszegi állomásról átültetett löszös talajmonolitok), Szurdokpüspöki (agyagos rét, barna erdőtalaj), Bodroghöz (vegyes) két évig alkalmaztuk a mintavételi módszert, a metán talajfluxusának meghatározására. A koncentráció-változások alapján számított talajfluxusok -6,4 és 7,8 kg CH_4 ha⁻¹ év⁻¹ között változtak, -0,2 kg CH_4 ha⁻¹ év⁻¹ középértékkel. A mérések szórása (SD) 1,6 kg CH_4 ha⁻¹ év⁻¹. Országos léptékben a talajok kis mértékben nyelők, a pozitív és negatív talajfluxusok közelítőleg kiegyenlítik egymást.
6. Az üvegház hatású gázok országos talajfluxusának a meghatározásához számítógépes szimulációt végeztem. Az alkalmazott modell a DNDC modell volt. A validáláshoz a mért adatokat használtam fel. A modelleredmények szerint Magyarországon a dinitrogén-oxid talajkibocsátása 2002-2006 évek között átlagosan 28,0 \pm 4,2 kt N év⁻¹. A metán talajfluxusa ugyannerre az időszakra átlagosan -11,8 \pm (-1,8) kt C év⁻¹ volt. A DNDC modell a CO_2 talajfluxusra 2002-2006-os időszakra átlagosan 27,3 \pm 4,1 Mt C év⁻¹ értéket adott. A modell validálásához szükséges mért adatok csekély száma miatt

szén-dioxidra a modellezett érték nagyobb bizonytalanságot hordoz, mint a dinitrogén-oxid vagy a metán esetében. Ennek ellenére látható, hogy a talajok CO₂ kibocsátása összemérhető az energetikai, ipari kibocsátással. A talajemissziót azonban a növényzet szén-dioxid felvétele nagymértékben, vagy teljesen ellensúlyozhatja.

7. Mivel pontos mérések és összefoglaló irodalmi adatok nem álltak rendelkezésemre, ezért összevettem a vizenyős területek, rizsföldek és az irodalmi adatokból származó, állattartásból eredő metán kibocsátást, valamint a talajok modellezett metán kibocsátását. A vizenyős területek, rizsföldek, talajok és az állattartás 2002-2006 között átlagosan, CO₂ egyenértékben kifejezve (100 éves időskálán) $3,1 \pm 0,458$ Mt CO₂ fluxust adtak, amelyben az állattartás és a vizes területek dominálnak (utóbbiak esetében a kevés mérési adat miatt a becslés bizonytalan, és további vizsgálatot igényel).
8. Előzetes számításokat végeztem az esetleges éghajlatváltozás és a művelési stratégia változás talajkibocsátásra gyakorolt hatásának tanulmányozására. Bár a jelenség ennél részletesebb vizsgálatokat igényel, első közelítésben megállapíthatjuk, hogy az éghajlati változások N₂O esetében 31%-os talajemisszió csökkenést, amíg CO₂ esetében 27%-os talajemisszió növekedést eredményezne. Művelési ágak váltása szintén eltérően hat az egyes gázok kibocsátására. A gyepek - szántó váltásakor a dinitrogén-oxid kibocsátás megnő, a szén-dioxidé csökken. A két érték körülbelül kiegyenlíti egymást. Erdők esetében - fűves, vagy mezőgazdasági területekkel összehasonlítva - jelentős a változás. Dinitrogén-oxid esetén 1 nagyságrendnyi, szén-dioxid esetén 2-3-szoros emisszió csökkenés várható a szántók és gyepek emissziójához képest.
9. Meghatároztam a teljes mezőgazdasági üvegház gáz kibocsátást szén-dioxid egyenértékben. Bár a szén-dioxid becslése bizonytalan, megállapítható, hogy a mezőgazdaság/erdő üvegház gáz kibocsátása ($116 \text{ Mt CO}_2 \text{ év}^{-1}$) és az összes ipari, energetikai, közlekedési, háztartási kibocsátás ($71,6 \text{ Mt CO}_2 \text{ év}^{-1}$) összemérhető. Hosszú időskálán feltételezhetjük, hogy a bioszféra szén-dioxid mérlege egyensúlyban van (a talaj, gyökér CO₂ emisszió és a szén-dioxid felvétel kiegyenlíti egymást). Ebben az esetben, ha összehasonlítjuk a N₂O és CH₄ mezőgazdasági emissziót az ipari, energetikai kibocsátással ($71,6 \text{ Mt CO}_2 \text{ év}^{-1}$) láthatjuk, hogy annak 23%-át teszi ki.

PUBLIKÁCIÓK

Folyóiratok

1. Grosz, B. Horváth, L. and Machon, A., 2008: Modelling soil fluxes of nitrogen and carbon gases above a semi arid grassland in Hungary. *Cereal Research Communications* 36 Suppl., 1523-1526. IF: 1,19
2. Flechard, C.R., Ambus, P., Skiba, U., Rees, R.M., Hensen, A., van Amstel, A., van den Pol-van Dasselaar, A., Soussana, J.-F., Jones, M., Clifton-Brown, J., Raschi, A., Horvath, L., Neftel, A., Jocher, M., Ammann, C., Leidfield, J., Fuhrer, J., Calanca, P.L., Thalman, E., Pilegaard, K., Di Marco, C., Campbell, C., Nemitz, E., Hargreaves, K.J., Levy, P., Ball, B.C., Jones, S., van de Bulk, W.C.M., Groot, T., Blom, M., Domingues, R., Kasper, G., Allard, V., Ceschia, E., Cellier, P., Laville, P., Henault, C., Bizouard, F., Abdalla, M., Williams, M., Baronti, S., Berretti, F. and Grosz, B., 2007: Effects of climate and management intensity on nitrous oxide emissions in grassland systems across Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **121**, 135-152. [doi:10.1016/j.agee.2006.12.024](https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.12.024) IF: 1,832
3. Nagy, Z., Pintér, K., Czóbel, Sz., Balogh, J., Horváth, L., Fóti, Sz., Barcza, Z., Weidinger, T., Csintalan, Zs., Dinh. N.Q., Grosz, B. and Tuba, Z., 2007: The carbon budget of semi-arid grassland in a wet and a dry year in Hungary. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **121**, 21-29. [doi:10.1016/j.agee.2006.12.003](https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.12.003) IF: 1,832
4. Machon, A., Grosz, B., Horváth, L., Pintér, K. and Tuba, Z., 2008: Non-CO₂ greenhouse gas flux measurement above a nature reserve grassland in Kiskunság in an unusual year. *Cereal Research Communications* 36 Suppl., 203-206. IF: 1,19
5. Horváth, L., Grosz, B., Machon, A., Balogh, J., Pintér, K. and Czóbel, Sz., 2008: Influence of soil type on N₂O and CH₄ soil fluxes in Hungarian grasslands. *Community Ecology* 9 (Suppl.) 75-80. DOI: 10.1556/Com.Ec.9.2008.S11. IF: 0,604
6. Machon, A., Horváth, L., Weidinger, T., Grosz, B., Pintér, K. and Tuba, Z., 2010: Estimation of net nitrogen flux between the atmosphere and a semi-natural grassland ecosystem in Hungary. Sent for the *Agriculture, Ecosystems and Environment* (in press).
7. Horváth, L., Grosz, B., Tuba, Z., Nagy, Z., Czóbel, Sz., Balogh, J., Péli, E., Fóti, Sz., Weidinger, T. and Pintér, K., 2010: Estimation of nitrous oxide emission from

- Hungarian semi-arid sandy and loess grassland; effect of grazing, irrigation and application of fertiliser. Submitted to Agriculture, Ecosystems and Environment.
8. Horváth, L., Grosz, B., Czóbel, Sz., Nagy, Z., Péli, E., Szerdahelyi, T. and Szirmai, O. and Tuba, Z., 2008: Measurement of methane and nitrous oxide fluxes in Bodrogekőz, Hungary; preliminary results. *Acta Biologica Szegediensis* 52(1), 119-122.
 9. Czóbel, Sz., Horváth, L., Gál B., Szerdahelyi, T., Szirmai, O., Nagy, J., Cserhalmi, D., Fogarasi, G., Péli, E., Rabecz, G., Grosz, B. and Tuba, Z., 2009: Ecophysiological studies in the Bodrogekőz: Measurement of yearly C and N₂O balance in typical wetland habitats of the Bodrogekőz. *Thaiszia J. Bot. Košice* 19, Suppl. 1, 331-343. ISSN 1210-0420.

Posztterek, könyvek, konferencia kiadványok

1. Horváth, L. and Grosz, B., 2005: Nitrous oxide emission from soil of Hungarian semi-natural grasslands. Fourth International Symposium on Non-CO₂ Greenhouse Gases (NCGG-4), Science, Control, Policy and Implementation, Utrecht, The Netherlands, 4-6 July 2005. Book of abstracts p. 28.
2. Horváth, L., Grosz, B., Weidinger, T., 2006: Estimation of nitrous oxide emission from Hungarian semi-arid sandy and loess grasslands; effect of grazing, irrigation and application of fertiliser. Open Science Conference on “The GHG Cycle in the Northern Hemisphere”, Sissi-Lassithi, Crete 2006 november 14-18. Előadások összefoglalói, p 163.
3. Grosz, B., Machon, A., Horváth, L. and Weidinger, T., 2007: Measurement and modelling of N₂O and CH₄ fluxes at a grassland ecosystem in Hungary. *Marie Curie ILEAPS workshop Helsingborg*, Sweden, October 2007. (Poster).
4. Machon, A., Grosz, B., Horváth, L. and Weidinger, T., 2007: Measurement and modelling of fluxes of nitrogen compounds above a semi-natural grassland ecosystem in Hungary. *Marie Curie ILEAPS workshop Helsingborg*, Sweden, October, 2007. (Poster).
5. Pintér, K., Nagy, Z., Balogh, J., Barcza, Z., Kristóf, D., Weidinger, T., Grosz, B., Machon, A., Horváth, L. and Tuba, Z., 2007: Components and micrometeorological measurement of carbon and nitrogen budget on landscape scale. *32th Scientific Days of Meteorology, 2006. Cloud physics and micrometeorology*. (Editors: Weidinger, T. and Geresdi, I.), Hungarian

- Meteorological Service*, Budapest, 161–168. (In Hungarian).
6. Horvath, L., Grosz, B., Tuba, Z., Nagy, Z., Czóbel, Sz., Balogh, J. and Pintér, K., 2007: Estimation of nitrous oxide emission from Hungarian semi-arid sandy and loess grasslands; grazing exclusion and effect of irrigation and application of fertiliser. Nitrogen 4th Conference, 1-5 October, 2007, Costa do Sauípe, Brazil. Abstracts.
 7. Machon, A., Horváth, L., Grosz, B., Weidinger, T., Pintér K., and Tuba, Z.: Measurement and modelling of fluxes of nitrogen compounds above a semi-natural grassland ecosystem in Hungary. NitroEurope General Assembly and Open Science Conference, Gent/Belgium, 2008 február 17-22., Konferencia kiadvány, p. 65.
 8. Grosz, B., Horváth, L., and Machon, A.: Modelling soil fluxes of greenhouse gases (CO₂, CH₄, N₂O) for Hungary. NitroEurope General Assembly and Open Science Conference, Gent/Belgium, 2008 február 17-22., Konferencia kiadvány, p. 75.
 9. Horváth L., Grosz B., Czóbel Sz., Nagy Z., Péli E.R., Szerdahelyi T., Szirmai O. és Tuba Z., 2008: Metán és dinitrogén-oxid fluxusmérések Bodrogháza környékén; kezdeti eredmények A Magyar Növénybiológiai Társaság IX. Kongresszusa 2008. július 7-9. Szeged, S6-32. előadás
 10. Grosz B., Horváth L., Machon A., Hidy D. és Tuba Z. (2008): Léggöri üvegházhatású gázok mérlegének meghatározása mezőgazdasági területek és erdők fölött Magyarországon DNDC modellel. In: (ed.: Sáhó Á.) A levegőkörnyezet állapota: ökológiai kölcsönhatások és egészségügyi kockázatok. A 33. Meteorológiai Tudományos Napok 2007 kiadványa, 45-49.
www.met.hu/pages/seminars/metnapok/33_MTN_2007.pdf
 11. Machon A., Horváth L., Grosz B., Weidinger T., Pintér K., Nagy Z. és Tuba Z. (2008): Tájéleptéki nitrogénmérleg meghatározása mérések és a DNDC modell alapján. In: (ed.: Sáhó Á.) A levegőkörnyezet állapota: ökológiai kölcsönhatások és egészségügyi kockázatok. A 33. Meteorológiai Tudományos Napok 2007 kiadványa, 58-62.
www.met.hu/pages/seminars/metnapok/33_MTN_2007.pdf
 12. Horváth, L., Alberti, G., Balogh, J., Barcza, Z., Birkás, M., Czóbel, Sz., Davis, K., Farkas, Cs., Führer, E., Grosz, B., Koós, S., Machon, A., Marjanovic, H., Nagy, Z., Peressotti, A., Pintér, K., Tóth, E., 2010: Methodologies, (Haszpra L., ed.) Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective, Springer

(előkészületben).

13. Grosz, B., Barcza, Z., Churkina, G., Gelybó, Gy., Haszpra, L., Hidy, D., Horváth, L., Kern, A., Kljun, N., Machon, A., Somogyi, Z., 2010: Models and their adaptation, (Haszpra L., ed.) Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective, Springer (előkészületben).
14. Grosz, B., Barcza, Z., Churkina, G., Gelybó, Gy., Haszpra, L., Hidy, D., Horváth, L., Kern, A., Kljun, N., Machon, A., Pásztor, L. 2010: Arable lands, (Haszpra L., ed.) Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective, Springer (előkészületben).